

ВЗАИМООТНОШЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ В НАУЧНОМ ПОЗНАНИИ

Научное познание как теоретическое отображение существенных сторон и закономерностей объективной действительности, как своеобразная человеческая деятельность, направленная на систематическое и обобщенное познание сущности окружающего нас мира наряду с предметом и субъектом познания предполагает наличие некоторых исследовательских приёмов, средств, способов, т. е. определенных научных методов. Особенно относится это к современному научному познанию, одной из характерных черт которого является — вследствие научно-технической революции и отчасти условием её — значительное развитие, совершенствование научно-исследовательских методов, возникновение и обширное распространение новых приемов, средств и способов. Рассмотрение сущности, особенностей, гносеологических функций, возможностей и ограничений этих методов, анализ их места в процессе познания, их отношений к другим методам, и т. д. имеет большое практическое и теоретическое значение, так как они в значительной мере оказывают влияние на дальнейшее развитие научного исследования. В ещё большей степени относится все это к таким, давно употребляемым в науке и в наши дни все больше возрастающую роль играющим, основным методам, как научному экспериментированию и моделированию.

Сущность, природу, значение, особенности, гносеологические функции этих методов научного познания уже подробно и многосторонне рассмотрели в международной философской и научно-методологической, научно-логической литературе. В отличие от этого в меньшей мере принимались во внимание анализ их отношений друг к другу, исследование их общих или сходных, аналогичных и различных свойств, особенностей, хотя точный ответ на эти вопросы в значительной мере мог бы способствовать позитивному решению проблем, связанных с гносеологической характеристикой этих методов. Наша статья посвящается исследованию последних проблем; т. е. в ней рассматриваем общие, аналогичные свойства научного эксперимента и моделирования, их взаимосвязи и взаимоотношения в процессе исследования, и критикуя попытки полного отождествления этих методов, отрицающие их различия и вместе с этим их своеобразия анализируем их характерные черты, различия, особенности, находящиеся в их природе, структуре и гносеологических функциях.

1. О сущности и особенностях научного эксперимента

Перед тем как рассмотреть взаимосвязь вышеупомянутых методов полезно дать характеристику самых важных, существенных свойств и гносеологических функций научного эксперимента*, ибо такая характеристика облегчит решение наших задач.

При анализе отдельных методов научного познания, как вообще при исследовании закономерностей и особенностей научного познания мы должны исходить из основных принципов марксистской теории познания. Научное познание по своей природе является диалектическим единством объекта и субъекта, благодаря чему осуществляется более или менее адекватное отражение объекта; в то же время это отражение отличается некоторым своеобразием, поскольку оно сознательная, систематическая, коллективная деятельность, направленная на открытие *сущности* объекта, на познание закономерностей объективной действительности. Из этого следует, что содержание и в не меньшей мере и методы научного познания определяются объективным внешним миром, его сущностью, закономерностями, то-есть объектом познания. Далее, так как научное отражение внешнего мира коллективная, общественная деятельность, оно является исторически обусловленным, многосторонне связанным и переплетенным с практической, преобразовательной деятельностью людей, процессом, возникновение, развитие, ступень развития, социальные функции, средства и методы которого определяет в конце концов и общественная практика. Игнорирование этой двойной — благодаря объекту и практике — определенности научного познания неизбежно подводит к его отрыву от объективной действительности и общества, от практической преобразовательной деятельности людей и превращает его в самостоятельную сферу, существующую сама по себе; такое понимание научного познания характерно прежде всего для позитивистских и кантианских философских школ. В то же время научное познание, как и всякий человеческий познавательный процесс, является сознательной деятельностью людей, выражением активности субъекта, которое — внутри этой двойной определенности — обладает и относительной самостоятельностью, имеет специфические, только в этом процессе существующие, только для этого процесса характерные закономерности.

Характерной чертой *научного эксперимента* как своеобразной формы и своеобразного метода научного познания является прежде всего то, что он представляет собой преимущественно не столько духовный, логический процесс, не теоретическую деятельность, сколько материальную (предметную, физическую) деятельность, в ходе которой человек (исследователь) воздействует на предметы, явления и процессы объективной действительности (т. е. на объект познания) и их условия, преобразывает, изменяет, формулирует эти предметы, явления, процессы и их условия; то-есть *научный эксперимент является одной из основных форм общественной практики*.^{*} Таким образом,

* Сущность и особенности моделирования мы касаем лишь в той мере, как это предполагает решение обрисованного круга проблем, так как данная статья является частью большого исследования, в котором рассматриваются именно гносеологические проблемы этого метода научного познания.

* В нашей статье не рассматривается проблема мысленного эксперимента, хотя он имеет сходство с реальным экспериментом, но по своей природе в значительной мере отличается от последнего, так как мысленный эксперимент является теоретической-логической деятельностью, в ходе которой мы оперируем лишь с абстрактными образами и знаками явлений действительности, а не самими с этими явлениями.

научный эксперимент подобно производству, общественно-преобразовательной деятельности людей и другим формам практики является общественно-исторически обусловленной, материальной деятельностью субъекта, осуществляющейся на данном уровне производительных сил и в определенных рамках производственных отношений, направляющейся на данный предмет внешнего мира; следовательно, является диалектическим единством объекта и субъекта.

Конечно, это единство объекта и субъекта нельзя отождествлять с единством объекта и субъекта, осуществляющимся в познании и в том числе в научном познании. По нашему мнению, можно различать два отношения единства объекта и субъекта в зависимости от того, что внутри их взаимосвязи, единства какая сторона играет определяющую роль, из которой исходит воздействие, которая является более активным полюсом. В одном случае внутри их единства характерно прежде всего воздействие объекта на субъект, то-есть воздействие исходит из объекта. Это отношение единства объекта (O) и субъекта (S) можно схематически изобразить следующим образом:

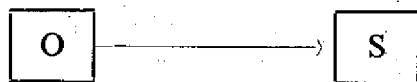


рис. 1.

В другом случае в отличие от предыдущего более активную сторону представляет собой субъект, активность исходит из него, то-есть субъект воздействует на объект изменяя, преобразуя его; значит, в этом отношении внутри их единства характерно преимущественно воздействие субъекта на объект. Это отношение можно схематически выразить так:

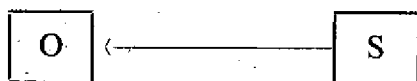


рис. 2.

Иными словами, единая человеческая деятельность имеет две стороны: материальную, преобразующую действительность и духовную, познающую действительность стороны. Надо подчеркнуть, что речь идет об единой деятельности людей, о ее двух неотделимых, тесно связанных между собою сторонах. Поэтому, когда рассматриваем человеческую деятельность в общем и целом, надо соединить рисунки 1. и 2.:

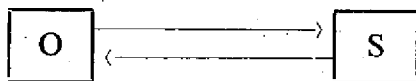


рис. 3.

Но исследуя реальный процесс человеческой деятельности мы видим, что для некоторых форм деятельности более характерна материальная, преобразовательная сторона, а для других духовная, познавательная; в первом случае субъект воздействует на материальную действительность и в процессе деятель-

ности он оперирует с самими предметами (конечно, эта операция предполагает активность сознания, она непосредственно управляется сознанием), а во втором случае действительность воздействует на субъект, открывается в его сознании и поэтому в этом процессе он оперирует в конце концов не с самими предметами, а их мысленными образами (этот мысленный процесс, конечно, тесно связывается и переплетается с некоторыми материальными — между прочим физиологическими — процессами). И таким образом имеется основание различать две основных стороны человеческой деятельности: материальную, преобразовательную и теоретическую, познавательную, или вкратце, практику и теорию* (но надо иметь в виду, что нельзя абсолютизировать их различие, что нельзя резко противопоставлять друг другу эти две основных формы деятельности, а наоборот, их противоречие надо считать относительным, так как речь идет о двух сторонах единой человеческой деятельности, так как и в ходе практики осуществляется познание действительности, и наоборот).

Ввиду того, что всякая деятельность воплощает в той или иной форме связь людей с объективной действительностью, и практика, и теория является своеобразным единством объекта и субъекта, внутри которого характерна одна или другая сторона. Соответственно этому рисунки 1. и 2. — соединяя с рисунком 3. — видоизменяем так:

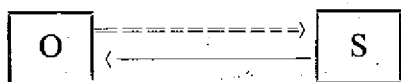


рис. 4.

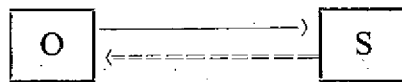


рис. 5.

где двойная прерывистая стрелка (--->) выражает воздействие более активного полюса, господствующую сторону взаимосвязи, а непрерывная стрелка (→) — противодействие другого полюса, другую сторону взаимосвязи.

Научный эксперимент как своеобразная форма и своеобразный метод научного познания соединяет в себе материальную, преобразовательную и теоретическую, познавательную деятельность людей, то-есть оба отношения единства объекта и субъекта, а именно так, что активность исходит из субъекта и возвращается в субъект: исследователь воздействует на объект познания, преобразует его и в процессе преобразования открывает, познавает его существенные связи, закономерности; но этот познавательный процесс может осуществляться лишь в том случае, если объект воздействует на субъект. Таким образом, структуру научного эксперимента — на первый взгляд — можно схематически выразить следующим образом:

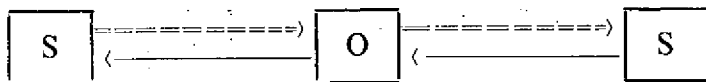


рис. 6.

* Понятие практики и теории в марксистской гносеологии имеет и другие значения. Так, например, понятие теории и мы употребляем в настоящей статье и в других смыслах, а именно 1. как уровень научного познания (наряду с эмпирией); 2. как самая развитая форма научных знаний, их логически построенная система, т. е. как научная теория.

Эту самую важную особенность научного эксперимента признает большинство марксистских авторов, занимающихся данной темой (см. 1., 2., 3., 4., 5., 6.). Далее, положение, по которому научный эксперимент является одной из основных форм общественной практики уже общепринятое в марксистской философии; все-таки некоторые авторы отрицают эту наиболее существенную и характерную черту эксперимента, считая, что он не охватит всякую форму человеческой деятельности и всю историю общества, а ограничится естественными науками и во время, и „локально”. Такое положение представляет, например, *М. Якушевский*, по мнению которого „научный эксперимент нельзя считать одной из *основной* форм практики, так как он существует не на всем протяжении истории общества, а возникает лишь на весьма высокой ступени его развития и составляет неотъемлемую часть научного познания.” (см. 1.; 104)* Нельзя не согласиться с положением *В. А. Штоффа*, по которому „исторический характер эксперимента вовсе не мешает ему быть одним из основных видов практики и в особенности на современном уровне развития общества и его производительных сил.” (1.; 105) Не может быть исключительной причиной и то, что область применения научного эксперимента „ограничена естественными науками”, что „составляет неотъемлемую часть научного познания”, так как специфичность отдельных основных форм общественной практики определяется тем, что эти отдельные формы практики связанные с различными областями общественной жизни (с экономией, политикой, и т. д.). Поэтому научный эксперимент справедливо считается *своеобразной* основной формой общественной практики, наиболее существенная особенность которого состоит именно в том, что *соединит в себе оба отношения единства объекта и субъекта, что представляет собой своеобразный синтез практически-преобразовательной и теоретически-познавательной деятельности людей.* На основе этой существенной особенности *отличается эксперимент как специфическая форма научного познания от других форм и методов познания и как практическое действие от других основных форм практики;* и из этой особенности вытекают другие его признаки, характерные черты, свойства.

Рассмотрим немного подробнее эти особенности научного эксперимента! По каким характерным чертам отличается научный эксперимент от других форм и методов научного познания? В чем состоит специфика научного эксперимента как основной формы практической деятельности?

а) Эксперимент как основная форма практики

Если сравнивается научный эксперимент с другими формами и методами научного познания, выясняется, что выдвинутся на первый план прежде всего те свойства эксперимента, отличающиеся вообще практическую деятельность от теоретической. Научный эксперимент, как уже отмечилось, представляет собой *материальную деятельность*, в ходе которой „веществу природы” человек „сам противостоит как сила природы” (9; 184), употребляя свои собственные природные силы, а также естественные свойства специальных материальных устройств, аппаратов, созданных в целях научного познания воздействует на явления природы (на предмет, объект исследования) и преобразует его.

* Первое число обозначит номер цитируемой книги в Литературе, а второе — страницу.

Из этой особенности следует, что эксперимент является выражением активности субъекта, что в ходе эксперимента человек *активно относится* к предметам внешнего мира, вмешается в процессы природы, воздействует на предметы природы, изменяет явления природы. Таким образом, научный эксперимент, как и всякая другая форма общественной практики, представляет собой *активное вмешательство* в процессы развития действительности и *целесообразное преобразование* предметов внешнего мира и их природных условий. Поэтому именно активное вмешательство в ход процессов и событий природы, активное отношение к предметам и явлениям природы отличает научный эксперимент от простого наблюдения, как правильно замечают авторы, занимающиеся данной проблемой (см. 3., 4., 5., 6.). В ходе наблюдения ученый является лишь пассивным свидетелем процессов и событий природы, в никакой форме не оказывает влияние на предмет наблюдения; в отличие от этого при эксперименте он активно вмешается в естественные процессы событий, преобразует объект познания, изменяет, варьирует и комбинирует условия протекания процессов.

Научный эксперимент отличается от наблюдения и тем, что именно в результате активного вмешательства в ход процессов природы представится возможность воспроизводить заново и повторять исследуемые явления, изменять и варьировать условия эксперимента, практически отвлекать от несущественных, побочных, неважных с точки зрения исследования сторон и связей исследуемого объекта и практически вырвать его существенные связи, изучать предмет познания „в чистом виде”. „Физик — пишет *К. Маркс* — или наблюдает процессы природы там, где они проявляются в наиболее отчетливой форме и наименее затемняются нарушающими их влияниями, или же, если это возможно, производит эксперимент при условиях, обеспечивающих ход процесса в чистом виде”. (9; 4) Значит, преимущество научного эксперимента по сравнению с наблюдением состоит и в том, что „позволяет исследовать явление природы в самых разнообразных условиях”. (5; 50) Вследствие этого научный эксперимент дает возможность экспериментатору выбирать из богатства многосторонних предметов, явлений и процессов объективной действительности интересующие его стороны и отношения объекта и концентрировать свою активность на эти стороны и отношения. В результате этого эксперимент в отличие от обычного, созерцательного наблюдения позволяет исследователю и проникать за явление, и практически абстрагируя от скрывающих сущность объекта сторон и связей *открыть сущность, внутренние взаимосвязи и закономерности объекта*.

Вопреки этим существенным различиям не следует считать, что эксперимент и наблюдение не имеют никакого общего или сходного свойства, что в никакой форме не соединяются друг с другом. Напротив! Научный эксперимент и наблюдение в реальном процессе научного исследования тесно связываются друг с другом, переплетаются между собою. Во-первых, оба метода относятся к той же самой ступени научного познания — а именно эмпирическому познанию, и вследствие этого играют более или менее одинаковую роль в процессе познания, так как гносеологической функцией и эксперимента, и наблюдения является прежде всего *получение эмпирических знаний об объективной действительности*, точнее, о данном объекте исследования. Таким образом, оба метода представляют собой исходный, начальный этап научного познания, основная цель которых — отдавать факты, эмпирические знания теории. (Конечно,

эмпирическую стадию научного познания нельзя отождествлять с непосредственным чувственным познанием реальности, хотя она тесно связана с ним, так как эмпирическое познание окружающего нас мира необходимо предполагает активное участие мышления в данном процессе, употребление логических операций; и поэтому же не отождествляются и эмпирические знания с непосредственными чувственными данными, хотя в их происхождении значительную роль играет чувственное восприятие). Во-вторых, необходимым и обязательным элементом всякого эксперимента является наблюдение: исследователь только для того вмешивается в ход процесса развития природы, только для того изменяет явления природы и их естественные условия, чтобы стало возможным наблюдение и описание более глубоких и скрытых взаимосвязей, свойств процессов и предметов, открытие за явлением сущности вещей. Следовательно, наблюдение — это элемент эксперимента с одной стороны, и эксперимент — средство наблюдения с другой. Но благодаря этому изменяется и наблюдение, так как эксперимент, то есть вмешательство в процессы и явления природы, постоянное повторение, варьирование и изменение предмета и условий исследования, практическое отвлечение от мешающих, побочных, скрывающих сущность связей и влияний, дает возможность наблюдать, открывать существенные взаимосвязи и закономерности объекта познания, на которое наблюдение само по себе не способно.

Из вышеупомянутых особенностей следует, что эксперимент представляет собой не только лишь простое отношение между объектом и субъектом, а своеобразное активное отношение, специфическую систему отношений, которая предполагает создание и употребление специальных средств опосредования, и в месте с этим сознательную деятельность субъекта. В данном своеобразии научного эксперимента очевидно выражается его сходство, общность с другими основными формами общественной практики, преимущественно с процессом труда, ведь взаимосвязь между объектом и субъектом исследования при экспериментировании аналогична с взаимоотношением предмета труда и рабочей силы, происходящим в процессе труда. Как в ходе трудовой деятельности человек „приводит в движение” не только „принадлежащие его телу естественные силы: руки и ноги, голову и пальцы” (9; 184), но и искусственно созданные „органы его деятельности” (средства труда, орудия, машины, механизмы, и т. д.), так и в ходе эксперимента исследователь употребляет не только свои собственные естественные силы, способности, а опираясь на естественные (механические, физические, химические, и т. д.) силы и энергию искусственно созданных средств исследования (приборов, экспериментальных устройств и аппаратов, инструментов, и т. д.) воздействует на объект познания. Таким образом, в процессе эксперимента человек вставит между собою и предметом исследования определенные средства, которые опосредуют (и одновременно усиливают и умножают) его влияние на объект, служат в качестве проводника его воздействий на предмет исследования. Все это обозначает, что в ходе экспериментальной деятельности осуществляется *посредственная* связь между познающим субъектом и познаваемым объектом, человек не непосредственно, а посредством средств исследования, с их помощью воздействует на предмет познания и главным образом путем этих средств опосредования оказывает влияние и объект на субъект, то есть при помощи приборов, устройств, инструментов происходит наблюдение, измерение, фиксация свойств, связей объекта познания, и далее, их изменений, видоизменений, вызванных воздействием

исследователя. Из этого следует, что эксперимент, во-первых, предполагает планомерное, целесообразное предвидение субъекта, то есть представляет собой *сознательную* деятельность, во-вторых, осуществляет отношение не только между человеком и природой, но и среди людей, то есть представляет собой *общественную* деятельность.

б) Структура научного эксперимента

Данные особенности научного эксперимента уже указывают на его своеобразную структуру. Анализируя структуру научного эксперимента В. А. Штофф показал, что она аналогична со структурой процесса труда, что „простые элементы всякого процесса труда имеют своих аналогов в виде соответствующих элементов экспериментальной деятельности” (3; 90) Вследствие этого основные компоненты научного эксперимента следующие: 1. деятельность экспериментатора как познающего субъекта; 2. объект или предмет экспериментального исследования; 3. экспериментально-исследовательские средства. (см. 1., 2., 3.) Первый из них представляет собой субъективную сторону эксперимента, а второй и третий — объективную. Отношения этих элементов В. А. Штофф выражает схематически следующим образом:

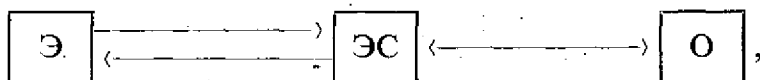


рис. 7.

где Э — экспериментатор; ЭС — средства эксперимента исследования; О — изучаемый объект.

Как уже видели, при научном экспериментировании можно разделить два отношения единства объекта и субъекта (см.: рис. 7.): первое отношение содержит в себе воздействие субъекта на объект (данное отношение обозначим так: sR_o^1); а второе выражает воздействие объекта на субъект (знак этого отношения: oR_s^2). Различие данных двух отношений основывается на том, что их природа, сущность и роль в эксперименте не одинаковы. Отношение sR_o^1 является *материально-практическим*, и его функция — изменение, *преобразование* состояний, связей и условий объекта. В отличие от этого отношение oR_s^2 является *теоретически-познавательным*, и его функция — наблюдение, описание, открытие, измерение и фиксация, то есть *познание* свойств и взаимосвязей объекта.

Экспериментально-исследовательские средства (С) принимают участие внутри данных двух отношений и опосредуют воздействие субъекта на объект с одной стороны, и воздействие объекта на субъект с другой. Соответственно этому можно схематически изобразить структуру научного эксперимента таким образом:

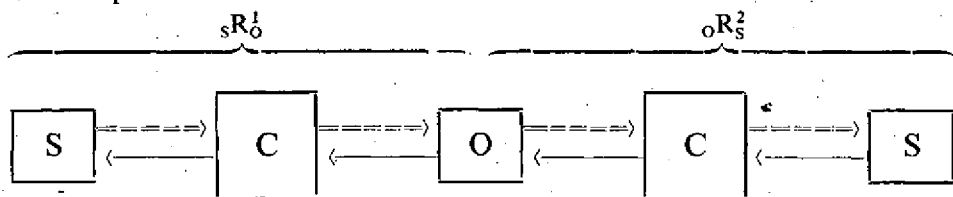


рис. 8.

Можно поставить вопрос, не удвоим ли мы при экспериментировании средства исследования и их роль в эксперименте? На наш взгляд, речь идет не об этом; этот рисунок только указывает на то обстоятельство, что в реальном процессе научного эксперимента средства исследования *объективно* выполняют двойную функцию и эти средства, приборы, устройства фактически образуют две большие группы*, и часто реально отличаются друг от друга: устройства, относящиеся к первой группе служат для создания экспериментальных условий и для активного вмешательства в ход процессов, а вторую группу экспериментальных средств образуют фиксирующие, усилительные, измеряющие, описывающие и регистрирующие приборы. Благодаря этому имеется основание разделения двух групп экспериментально-исследовательских средств и принятия во внимание их двойную функцию при рассмотрении структуры эксперимента (и поэтому возможно обозначить их разными знаками — например, C_1 и C_2).

Как видно и на рисунке 8., вследствие специального места и своеобразной роли средств исследования в эксперименте внутри обоих отношений находятся еще два отношения**, а именно внутри отношения ${}_sR_C^1$ подотношения ${}_sR_C^{1,1}$ и ${}_sR_O^{1,2}$, а внутри отношения ${}_oR_S^2$ подотношения ${}_oR_C^{2,1}$ и ${}_cR_S^{2,2}$. Если рассмотреть природу, сущность этих подотношений, то видно, что 1. подотношение ${}_sR_C^{1,1}$ представляет собой *практическую* деятельность, исходящую из субъекта, предполагающую и в значительной мере содержащую в себе целесообразную, преднамеренную, планомерную мысленную работу субъекта, так как оно содержит в себе выбор и конструирование экспериментальных средств (и вместе с этим или же перед этим мысленное воспроизведение, планирование всего процесса эксперимента), создание экспериментальных условий, и наконец, введение в движение экспериментальных устройств; 2. подотношение ${}_sR_O^{1,2}$ представляет собой *материальную* взаимосвязь между двумя объективно существующими явлениями, внутри которой более значительно воздействие экспериментальных средств, введенных в движение субъектом; 3. подотношение ${}_oR_C^{2,1}$ подобно предыдущему является *материальной* взаимосвязью между двумя реально существующими предметами, внутри которой более характерно воздействие объекта, (из материальной природы подотношения ${}_oR_C^{2,1}$ следует, что отношение ${}_oR_S^2$, выражающее теоретически-познавательную сторону эксперимента, включает в себя не только духовные, логические взаимодействия, но и материальные, объективные); 4. подотношение ${}_cR_S^{2,2}$ обозначает непосредственно воздействие экспериментальных средств на субъект, но опосредованно и воздействие объекта познания на познающий субъект; благодаря последнему субъект посредством экспериментальных устройств отражает изменения объекта, открывает лежащие в глубине, скрытые свойства и взаимосвязи объекта, как будто мысленно проникает в сущность объекта; то есть подотношение ${}_cR_S^{2,2}$ выражает в конце концов *теоретически-познающую* деятельность субъекта и поэтому другие же подотношения являются подчиненными этому, „служат” этому. Подотношения ${}_sR_C^{1,1}$ и ${}_cR_S^{2,2}$ одновременно выражают и самую существенную особенность научного эксперимента, то есть единство практи-

* В. А. Штофф различает следующие основные виды экспериментальных средств: а) приготовляющие устройства; б) изолирующие устройства; в) устройства, непосредственно осуществляющие воздействие на объект; г) средства усиления и преобразования; д) регистрирующие и измеряющие устройства. (см.: 3; 93)

** Так как данные отношения не одинаковы с предыдущими, а являются их частями, мы назовем их *подотношениями*.

чески-преобразовательной и теоретически-познавательной деятельности субъекта, так как с одной стороны подотношение ${}_sR_{C_1}^{1,1}$, обозначающее преимущественно практическую деятельность субъекта, не только предполагает активное участие сознания, но содержит или может содержать в себе и познавательную функцию (например, открытие ранее неизвестных свойств экспериментальных устройств, накопление экспериментальных опытов, и т. д.), и с другой — подотношение ${}_sR_{S_2}^{2,2}$, выражающее в первую очередь теоретическую, познающую деятельность субъекта, не только включает в себя объективное воздействие средств исследования (и опосредованно объекта), но имеет или может иметь и практический компонент (например, использование измеряющих, регистрирующих и т. д. приборов, вообще обслуживание экспериментальных средств, и т. д.).

В связи со структурой научного эксперимента укажем и на то, что экспериментирование — как видно и на рисунке 8. — представляет собой *линейный* процесс, в котором можно наблюдать прямолинейную цепь действий: $S \rightarrow C \rightarrow O \rightarrow C \rightarrow S$. Надо еще указать и на то, что осуществление такой цепи действий часто не означает окончание научного эксперимента, так как он является *циклическим* процессом. Это значит, что исследователь после осуществления цикла эксперимента, опираясь на полученные при эксперименте знания видоизменяет обстоятельства исследования, варьирует и комбинирует его условия, и потом заново осуществляет эксперимент. Изменение свойств, взаимосвязей и условий объекта, многократное повторение эксперимента дает возможность исследователю все более и более проникать в сущность объекта, открыть его закономерности. Из этого следует, что вместе с проанализированными уже отношениями в процессе эксперимента имеется еще отношение ${}_sR_S^3$, которое выражает, что субъект, обладая полученными при эксперименте знаниями „вернется” к началу экспериментирования, снова воздействует с помощью средств исследования на объект, чтобы получить новые знания.

Благодаря данной особенности эксперимента S , находящийся в конце линейного ряда не равноценен с S , находящимся в начале этого ряда, ибо *в процессе эксперимента изменяется и сам субъект*, то есть обогащается знаниями, опытом. Поэтому очевидно, что начинающий новый цикл субъект не совсем одинаков с субъектом предыдущего цикла. (Имея в виду, что субъектом эксперимента в конце концов является не отдельный индивидуум, в данном случае, конечно, может отличаться субъект одного цикла от субъекта другого цикла по лицам). Принимая во внимание циклический характер эксперимента и вместе с этим отношение ${}_sR_S^3$, структуру научного эксперимента можно изобразить следующим образом:

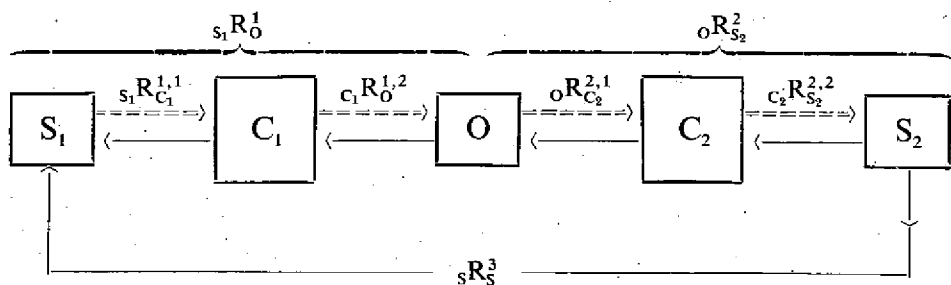


рис. 9.

где различие S_1 и S_2 обозначает изменение, происходящее в субъекте, то есть означает то, что в результате эксперимента субъект обогащается знаниями, опытом; а отношение ${}_sR_3^3$ выражает циклический характер процесса, который можно изобразить и следующим образом: $S_1 \rightarrow O \rightarrow S_2, S_2 \rightarrow O \rightarrow S_3, \dots, S_j \rightarrow O \rightarrow S_{j+1}$ (где $j = i + 1$).

На основании предыдущего научный эксперимент можно считать циклическим процессом, который имеет три элемента: субъект эксперимента, объект эксперимента и экспериментально-исследовательские средства, среди которых находятся три основных отношения: ${}_sR_0^1, {}_oR_5^2$ и ${}_sR_3^3$, и каждое из первых двух распадается на два подотношения, а именно на ${}_sR_0^{1,1}$ и ${}_cR_0^{1,2}$, далее на ${}_oR_5^{2,1}$ и ${}_cR_5^{2,2}$; и система этих элементов и отношений представляет собой структуру научного эксперимента.

в) Эксперимент как особая форма и своеобразный метод научного познания

Выше мы рассмотрели особенности и структуру научного эксперимента как основной формы общественной практики. Рассмотрим после этого специфику эксперимента как особой формы и своеобразного метода научного познания. Иными словами, рассмотрим, чем отличается научный эксперимент от других основных форм общественной практики.

Так же как эксперимент отличается от других форм и методов научного исследования прежде всего по своим признакам, характерным вообще и для практики в целом, так он отличается от других основных форм общественной практики преимущественно по своим свойствам и особенностям, принадлежащим вообще и к научному познанию. Следовательно, научный эксперимент отличается от других основных форм общественной практики в первую очередь по своей цели и общественной роли, социальным функциям.

Как известно, непосредственной целью разных иных форм практики (то есть, производства, общественно-преобразовательной деятельности людей, и т. д.) является изменение, преобразование, формирование явлений природы и общества, создание новых, раньше не существующих форм материи (например, изготовление и совершенствование орудий труда, производство материальных благ, вообще преобразование предметов природы соответственно потребностям людей, разрушение старых производственных отношений и создание новых общественных форм производства, формирование условий жизни людей, и т. д.); соответственно этому социальная функция данных форм практики — обеспечивать функционирование и развитие общества. Конечно, в процессе практической деятельности не только человек воздействует на окружающие его явления, но и действительность оказывает влияние на субъект и вследствие этого она отображается в сознании субъекта, то есть в ходе преобразования действительности осуществляется и ее познание (например, открытие более скрытых сторон и свойств предметов и явлений, накопление трудовых опытов, и т. д.). Но познание действительности не является непосредственной целью данных основных форм общественной практики, далее, „... познавательный результат, возникающий на основе изучения практики,

лежит, строго говоря, за пределами самой этой практики, в сфере теоретического осмысливания ее результатов", (6; 220) вследствие этого познание, осуществляющее в процессе практической деятельности тесно связывается с практикой, направляется на практику, то есть оно представляет собой практическое сознание.

В отличие от упомянутых форм общественной практики непосредственной целью научного эксперимента не является изменение, преобразование объекта, точнее, в процессе экспериментирования преобразование предмета познания является лишь *средством* реализации собственной его цели. *Непосредственная и первичная же цель* научного эксперимента — это *получение объективных знаний* о действительности, ее сущности. Преобразование, изменение объективной реальности всегда требует знания данного явления, и на более высоком уровне развития общества, в частности, на современном уровне производительных сил, — большей частью эмпирические — знания, полученные в процессе практики не достаточны для общественно-практической деятельности людей, а ей нужны свыше эмпирических знания и вместе с этим нужно систематическое, теоретическое познание действительности. Эта потребность реализуется прежде всего в научном познании, одной из самых важных форм и одним из основных методов которого является научный эксперимент. „Поэтому можно сказать, что эксперимент — это практическая деятельность, которая непосредственно направлена на познание действительности, или способ познания действительности в ходе ее практического изменения." (6; 200) Место эксперимента в научном познании определяет и его общественную роль, которую можно коротко сформулировать: *отдавать теории* — в большей степени эмпирические — *знания, отражающие существенные стороны объекта* познания и служить этим теоретическому познанию объективной действительности. Поэтому эксперимент можно считать в известной степени начальной, исходной стадией научного познания.

Своеобразие научного эксперимента как формы и метода научного познания выражается и в том, что в ходе исследования — как уже отмечалось — экспериментатор практически отвлекается от побочных, скрывающих сущность объекта, неинтересующих его в данном отношении свойств и взаимосвязей явлений, изолирует изучаемый объект от нарушающих влияний, и вместе с этим он выделяет его существенные стороны; то есть в ходе экспериментирования осуществляется процесс аналогичный абстракции, которая характерна для теоретического мышления. В силу этого данный процесс можно считать *практическим абстрагированием*.

Так как в процессе научного эксперимента объект исследования изучается „в чистом виде" и практически отвлекается от его несущественных сторон, характерной чертой эксперимента является — в отличие от других форм эмпирического познания, например, наблюдения — *открытие сущности объекта*.

Из вышеупомянутых особенностей следует, что результат эксперимента относится не только к данному объекту исследования, но и каждому члену данного класса явлений, то есть полученные при эксперименте знания отражают свойства и взаимосвязи не лишь единичного объекта, а множества объектов, или же по словам В. А. Штоффа: „...полученные результаты характеризуют не только данное единичное явление в данном единичном опыте, но и другие явления этого класса, на которые переносятся каким-то

способом результаты опыта..." (3; 95) Значит, в процессе эксперимента осуществляется *обобщение* полученных данных, и характерным логическим методом эксперимента является *индукция*.

*
* *

Научный эксперимент, таким образом, представляет собой такой вид научного познания, который соединяет в себе оба отношения единства объекта и субъекта и в ходе которого путем непосредственной операции с объектом исследования осуществляется открытие сущности явлений.* В силу этого научный эксперимент по своей сущности включает в себя характерные черты и общественной практики, и научного познания; итак, наиболее существенные особенности эксперимента подобны своеобразиям и практической, и теоретической деятельности. Эти наиболее существенные признаки эксперимента В. А. Штофф суммирует в следующих моментах: "... 1. активное отношение человека к внешнему миру; 2. вмешательство в явления, процессы внешнего мира и воздействие на них при помощи специальных средств исследования, играющих в эксперименте роль, аналогичную роли орудий труда в процессе труда; 3. практическое реальное выделение изучаемых связей и изоляция их от других, случайных или затемняющих их влияний, что аналогично процессу абстрагирования и идеализации в теоретическом мышлении; 4. воспроизведение и неограниченное повторение изучаемых процессов в определенных условиях, что аналогично неограниченной повторяемости циклов производства (воспроизводство); 5. планомерное изменение, варьирование и комбинирование условий вплоть до создания таких процессов, которые, по крайней мере в данной форме, не существуют в природе, что тоже свойственно процессу производства; 6. определенная целенаправленность и организованность, что сводит к минимуму элемент случайности, неожиданности, хотя полностью не исключает его." (3; 88) Все эти особенности связаны с тем, что научный эксперимент одновременно представляет собой основную форму общественной практики и специальный метод научного познания.

* Как показывает и прежний анализ, эксперимент представляет собой очень сложный процесс, поэтому данное краткое суммирование его существенных черт не считаем определением. В литературах находятся некоторые определения понятия эксперимента, из которых цитируем два. — Определение И. Е. Сивоконя: „Естественнонаучный эксперимент есть нечто иное, как реальный процесс практики научного исследования, а именно: 1. воспроизведение и воссоздание (порождение) объективных явлений природы „в чистом виде“, иначе говоря, в необходимых условиях; 2. преднамеренное создание новых, искусственных предметов и объектов, не существующих ранее в природе, в естественном виде; 3. фиксирование, наблюдение, сопоставление, измерение экспериментальных данных, результатов посредством специальных инструментов, аппаратов, приборов с определенной научной или практической (производственно-технической) целью". (5; 48) А по определению В. А. Штоффа: „Эксперимент есть вид деятельности, предпринимаемой в целях научного познания, открытия объективных закономерностей и состоящий в воздействии на изучаемый объект (процесс) посредством специальных инструментов и приборов, благодаря чему удается: 1. устранить, изолировать изучаемое явление от влияния побочных, несущественных и затемняющих его сущность влияний и изучать его в чистом виде; 2. многократно производить ход процесса в строго фиксированных, поддающихся контролю и учету условиях; 3. планомерно изменять, варьировать, комбинировать различные условия в целях получения искомого результата." (3; 89) Эти определения содержат исследуемые и нами наиболее существенные особенности научного эксперимента.

2. Взаимодействие научного моделирования и эксперимента

Вышеизложенные особенности научного эксперимента в некоторых отношениях аналогичны своеобразиям другого, широко распространенного и употребляемого в современных науках метода научного познания — свойствам и признакам *научного моделирования*, или же точнее, характерным чертам одного из его основных типов. Между прочим сходство данных методов друг другу обосновывает значение изучения их взаимодействий, так как сопоставление их особенностей, структуры, гносеологических функций, учет их общих и различных свойств, анализ их действительных взаимосвязей, возникающих в процессе познания, помогает точнее открыть внутреннюю природу и специфические черты обоих методов, яснее познать их сущность.

а) О понятии и видах научного моделирования

Моделирование есть метод научного познания, в ходе которого познание непосредственно интересующих исследователя явлений, предметов и процессов, то есть открытие свойств, отношений и существенных связей изучаемого объекта осуществляется путем испытания другого (материального или мысленного) объекта, обладающего определенным и известным исследователю отношением сходства, соответствия с познаваемым объектом. В процессе познания объективной действительности во многих случаях возникают ограничения, которые затрудняют или делают невозможным непосредственное наблюдение, исследование изучаемого объекта (или его некоторых свойств, сторон, отношений), или же объект познания имеет природу, в силу которой либо не представляется возможность — по крайней мере на сегодняшнем уровне наших знаний и экспериментальной техники — эксперимента, либо экспериментальное вмешательство в той мере нарушило бы изучаемый процесс, вследствие чего достоверность полученных знаний стала бы чересчур неуверенной.* В таких случаях исследователь вместо непосредственного испытания объекта познания изучает аналогичный ему (естественный или искусственный) объект, чтобы познавая этот последний (или же его некоторые стороны, свойства, закономерности) получить информацию о самом объекте познания (или о его свойствах, отношениях, и т. д.). Этот промежуточный объект, который является заместителем изучаемого объекта, на который в данном периоде испытания непосредственно направляются познавательные-исследовательские операции, и посредством изучения которого получают новые знания о подлинном объекте познания (об оригинале) — принято называть *моделью*. В целях более точного открытия сущности научной модели цитируем ее определение, данное В. А. Штоффом: „Под моделью понимается такая мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте.” (3; 19) Такое определение понятия

*. Поэтому не случайно, что научное моделирование широко распространяется именно в наши дни, когда научное познание проникает во все более сложные области действительности (в процессы микромира, физиологические и психические процессы живой природы, общественные явления, и т. д.). Причины широкого распространения моделирования подробнее описываются в Литературе № 8.

научной модели содержит в себе общие свойства моделей, применяемых в разных областях наук, а именно: 1. модель представляет собой заместитель объекта исследования; 2. ее наиболее существенной гносеологической функцией является получение новой информации об объекте познания; далее, достоинство данного определения модели и то, что оно не исключает моделей, реализующих не научно-исследовательские, а прочие (например, практически-технические, или демонстративные) цели.

В литературе — можно сказать — общепринято разделение моделей на два основных типа или вида: *материальные* и *мысленные* (идеальные) *модели*. Основанием данного разделения является прежде всего то, что модели, относящиеся к первому типу существуют объективно и действуют по объективным законам природы, а модели, составляющие вторую основную группу моделей „... существуют лишь в голове познающего субъекта, составлены из элементарных образов или знаков и «работают» только благодаря мысленным операциям, которые над ними совершает этот субъект в процессе их конструирования или преобразования” (1; 101—102); то есть пока первые обладают материальной природой и существуют вне и независимо от сознания субъекта, — хотя в большинстве случаев представляют собой искусственные конструкции, созданные субъектом —, до тех пор последние обладают идеальной, мысленной природой, хотя „элементарные образы и знаки”, являющиеся их элементами, в конце концов происходят из внешнего мира. Благодаря этому, создание и применение материальных моделей есть практическая деятельность, а всякое оперирование с мысленными моделями — теоретическая.

Научный эксперимент, как видели, представляет собой практическое оперирование с материальными объектами, в силу этого полно очевидно, что он имеет общие или же аналогичные свойства преимущественно с процессом создания и применения материальных моделей (а оперирование с мысленными, идеальными моделями аналогично мысленному эксперименту). Соответственно этому оказывается полезным ограничить наше исследование анализом взаимодействия между (реальным) экспериментом и материальными моделями*. Рассмотрим, самые существенные и характерные свойства моделирования и их отношение к уже проанализированным особенностям эксперимента. Сначала изучаются своеобразия моделирования, являющиеся общими, или по крайней мере сходными, признакам научного эксперимента.

б) *Сходство, общие черты моделирования и эксперимента*

Как уже отмечалось, *создание и применение материальных моделей представляет собой практическую деятельность*, так как в ходе этих действий мы оперируем материальными явлениями и процессами, наша деятельность направлена на изменение, преобразование, формирование предметов природы. Поэтому и для моделирования характерны вышеупомянутые свойства общественной практики, а именно: 1. активное вмешательство в процессы развития природы; 2. использование средств опосредования (то есть употребление

* Поэтому в дальнейшем — если только это отдельно не обозначим — под моделью понимается материальная модель, а под моделированием — практическое оперирование с последней.

экспериментально-исследовательских устройств); 3. сознательность, целесообразность, планомерность; 4. специфическое, активное отношение субъекта к объекту, свойственная система связей между объектом и субъектом; 5. опосредованность отношения субъекта к объекту; 6. коллективный, общественный характер деятельности людей; 7. изменение самого субъекта в результате процесса исследования; 8. постоянное, циклическое повторение процессов; 9. воспроизведение предметов природы и конструирование новых, искусственных объектов; 10. постоянное изменение, варьирование и комбинирование условий процессов; и т. д.

В процессе моделирования можно установить две, резко отличающих друг от друга формы практической деятельности: создание модели (выбор, построение, конструирование моделей) и исследования модели (экспериментирование, измерение, и т. д. над моделями). Процессу *создания модели* всегда предшествует мысленная деятельность: исследователь или выбирает один из объектов, обладающих определенным отношением соответствия (аналогия, изоморфизм, гомоморфизм) с объектом познания, на основе изучения этого отношения (то есть мысленно, потом и практически выбирает модель), или же на основе предыдущих знаний об объекте создает его мысленную модель. В отличие от первого случая, где испыталый выбирает предмет природы и так — резко говоря — не осуществляется практическая деятельность, создание модели, здесь практически реализуя мысленную модель, искусственно создает, конструирует (материальную) модель изучаемого объекта, которая в большинстве случаев проще самого оригинала, и вследствие этого позволяет испытание, наблюдение, открытие таких сторон, свойств и связей, исследование, познание которых было бы невозможным, или по крайней мере затрудненным, при непосредственном изучении познаваемого объекта.

Этой цели, то есть рассмотрению сторон, свойств и связей модели служит вторая форма практической деятельности в процессе моделирования, которую можно назвать *исследованием модели*. Для этого периода моделирования характерны — практическое воздействие на модель при помощи экспериментально-исследовательских средств, изменение, преобразование свойств, взаимосвязей и условий модели, то есть активное вмешательство в „естественные“ процессы модели, практическое отвлечение от несущественных сторон и затемняющих ее сущность влияний и практическое выделение ее сущности. Коротко говоря: данный период представляет собой экспериментирование над моделью.

Из этого следует другая, характерная и для эксперимента особенность моделирования, именно та, что целью и гносеологической функцией и этого метода научного познания является *получение новых знаний путем практического оперирования* с непосредственным предметом исследования, то есть *с моделью*; но полученные знания относятся не только к этому объекту (к модели), но и к объекту познания, то есть к непосредственно интересующему исследователя предмету, оригиналу.

Благодаря этому процесс изучения не завершится практическим периодом моделирования, исследование модели последует *теоретическая* деятельность исследователя, которая включает в себя не только наблюдение, измерение, регистрацию, оценку влияний практических операций над моделью, но и перенос полученных знаний, *трансформацию новых информации* — посредством определенных логических операций, прежде всего выводов по аналогии — *на объект познания*, то есть на оригинал.

Все это показывает, что подобно научному эксперименту и для моделирования характерно *единство*, взаимосвязь *практической и теоретической* деятельности, поскольку и моделирование представляет собой с одной стороны практическую деятельность, своеобразную форму общественной практики, непосредственной целью которого является не преобразование действительности, а ее познание, и с другой, особый метод научного познания, который реализует свою цель — познание действительности — преимущественно не путем теоретического, логического оперирования с образами предметов и явлений, а посредством непосредственного оперирования с самими этими предметами и явлениями; хотя в процессе моделирования — особенно в его начальном и окончательном периоде — большую и значительную роль играет и теоретическая деятельность исследователя, так как выбор модели или ее проектирование, мысленное построение (то есть конструирование идеальной модели) с одной стороны, и трансформация полученных информации на оригинал с другой без сознательной деятельности субъекта — немислимы.

На основе вышеизложенных можно различить четыре этапа или периода моделирования как познавательно-исследовательского процесса: 1. планирование (или выбор) модели, построение мысленной модели; 2. создание (материальной) модели; 3. исследование модели; и 4. трансформация (перенос) информации. Соответственно этому, нельзя согласиться с положением *И. Б. Новика*, по которому процесс моделирования начнется построением модели („Моделирование — сложный многоэтапный процесс. Первый его этап — построение модели.” [7; 35]), так как этой стадии моделирования всегда предшествует теоретическая деятельность исследователя. А по положению *Б. А. Глинского* моделирование как процесс имеет следующее четыре этапа: а) постановка задачи; б) создание (выбор) модели; в) исследование модели; г) перенос знания (8; 53—66). И можно согласиться с мнением *И. Б. Новика*, по которому стадию переноса информации последует „практическая проверка экстраполяции такого рода.” (7; 36) Благодаря этому указанные нами четыре этапа моделирования можно дополнить еще двумя этапами — постановкой задачи и практическим подтверждением полученных знаний.

Так как моделирование представляет собой единство практической и теоретической деятельности, познание действительности путем практического оперирования с предметами, многие причисляют его к научному эксперименту как одной из основных форм общественной практики, или считают его особенной формой. Так, например, согласно положению *В. А. Штоффа*: „Поскольку такие модели (т. е. научные, научно-технические модели — А. К.) являются материальными, вещественными, технически реализованными в определенных материалах и конструкциях, постольку вся работа по их построению, испытанию, исследованию относится к области *научного эксперимента* как особой формы практической деятельности...” (3; 82) С этим положением можно согласиться, поскольку понятие научного эксперимента понимается в данном отношении очень широко, и не только как специальный метод научного познания. Но, на наш взгляд, было бы полезным назвать основную форму общественной практики, непосредственной целью которой является не преобразование действительности, а получение объективных знаний о ней — *научной или научно-исследовательской практикой*; и научная практика как один из основных типов общественной практики имеет некоторые разные формы, как, например, научный эксперимент и (материальное) моделирование.

Наконец, характерная черта и научного эксперимента, и моделирования, что полученное в конце концов при изучении лишь *единичного* объекта знание *переносят* на другие объекты, на *данный класс* объектов или на его члены. Перенос знаний, полученных при экспериментировании с точки зрения логики осуществляется прежде всего посредством индуктивных выводов, и в силу этого истина полученных знаний не редко имеет *вероятный характер*. Трансформация информации, полученных в ходе исследования модели с точки зрения логики реализуется преимущественно по пути применения выводов по аналогии, и благодаря этому полученные об объекте познания информации часто обладают вероятной оценкой.

*в) Взаимосвязь эксперимента и моделирования в процессе исследования.
Модельный эксперимент*

Уже рассмотрение некоторых общих особенностей моделирования показывает, что данный метод действительно обладает во многих отношениях свойствами, тождественными, или по крайней мере аналогичными, особенностям эксперимента. Перечисление этих своеобразий вместе с этим укажет и на то, что данные методы *в процессе познания тесно связываются друг с другом*, переплетаются между собою.

Анализ моделирования как практического процесса осветил то, что *экспериментирование как бы включается в моделирование*, является необходимым элементом или этапом последнего. Как мы видели, созданием модели не завершится процесс моделирования, а созданная модель употребляется в целях получения информации об объекте познания; но достижение данной цели потребует практического оперирования с моделью, то есть того, что исследователь посредством экспериментально-исследовательских средств воздействует на модель, изучает ее; значит, потребует экспериментирования над моделью. В данном периоде моделирования модель принимает участие в процессе не как метод или средство исследования, а как *заместитель* объекта познания, как *непосредственный предмет* изучения. В силу этого структура данного процесса в некоторых отношениях аналогична структуре научного эксперимента (см.: рис. 9.), но различием является прежде всего то, что вместо объекта познания мы оперируем с его моделью (*M*), и полученную информацию субъект опосредует на объект. Структуру данного процесса так можно схематически изобразить:

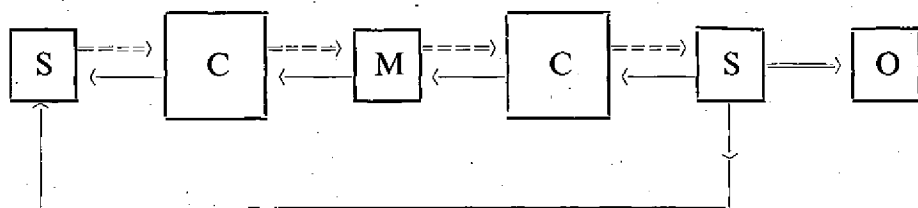


рис. 10.

где двойная сплошная стрелка обозначает перенос информации на объект.

В процессе познания не только эксперимент может включиться в моделирование, а часто и моделирование связывается с экспериментом. Как уже отмечалось, в процессе экспериментирования бывают ситуации, когда невозможно

непосредственное оперирование с объектом познания. В таких случаях экспериментатор замещает непосредственно интересующий его объект другим объектом, и при помощи последнего изучает объект познания. Значит, речь идет об особой форме эксперимента, которую принято называть *модельным экспериментом*. В процессе модельного эксперимента моделирование выступит этапом или периодом эксперимента, а модель — *своеобразным средством* эксперимента. Модель является своеобразным средством, поскольку она служит изучению познаваемого объекта, поскольку модель познается не ради самой себя, а только для того, чтобы получить знания о другом объекте, о собственном предмете исследования. „Исследователя интересуют свойства модели не сами по себе, а лишь постольку, поскольку их изучение позволяет судить о свойствах другого предмета, получать о нем некоторую информацию. Этот предмет и выступает как подлинный объект изучения, а по отношению к нему модель является лишь средством экспериментального исследования.” (3; 97) Соответственно этому, *гносеологическая функция модели* в процессе модельного эксперимента — *дать информацию о собственном, подлинном предмете эксперимента*, то есть об оригинале, заместителем которого она является в ходе изучения.

Таким образом, модельный эксперимент представляет собой познавательный процесс, который начинается непосредственным испытанием познаваемого объекта (то есть экспериментированием), но на определенном этапе (в данном цикле) эксперимента объект замещается другим объектом (его моделью), и потом экспериментирование совершается над этим последним объектом (то есть над моделью); после получения необходимых данных возможно возвращаться к непосредственному изучению самого объекта познания. Значит, модельный эксперимент происходит сначала по выраженным на рис. 9, потом на рис. 10) и может быть снова на рис. 9).

Так как на определенном этапе экспериментирования исследовательские действия непосредственно направлены на модель (как покажет рис. 10), то модель в конце концов выполняет двойную функцию в процессе модельного эксперимента: она является с одной стороны средством экспериментирования, а с другой его предметом. В результате двоякой функции модели в процессе модельного эксперимента и структура последнего отличается от структуры обычного эксперимента, так как между объектом познания и экспериментальными средствами как бы вступает модель. „Отличительная особенность структуры модельного эксперимента заключается не в его субъективной стороне, а в объективной. . . В то время как в обычном эксперименте средства экспериментального исследования так или иначе непосредственно взаимодействуют с объектом исследования, в модельном эксперименте взаимодействия нет, так как здесь экспериментируют не с самим объектом, а с его заместителем.” (3; 95) В то же время модель является и средством познания объекта и как такое, относится к экспериментальным средствам. Вследствие этого структура модельного эксперимента в отличие от структуры обычного эксперимента (см.: рис. 7) соответственно мнению В. А. Штоффа может быть изображена так (см.: 3; 98):

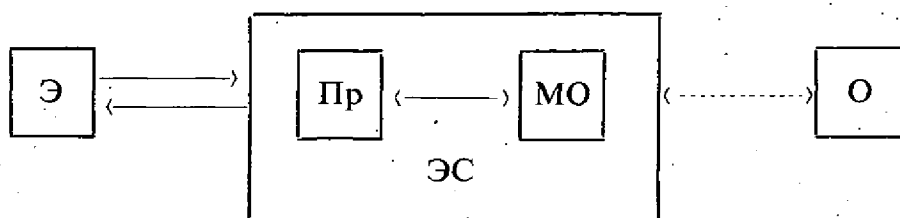


рис. 11.

где Э — экспериментатор; ЭС — средства эксперимента исследования; О — изучаемый объект; Пр — приборы; МО — модель объекта изучения; и сплошной стрелкой обозначается непосредственное воздействие, а прерывистой — отношение модели к объекту изучения.

В процессе эксперимента модель может замещать не только познаваемый объект, но и его условия. В этом случае структуру обычного и модельного экспериментов можно изобразить схематически таким образом (см. 3; 99):

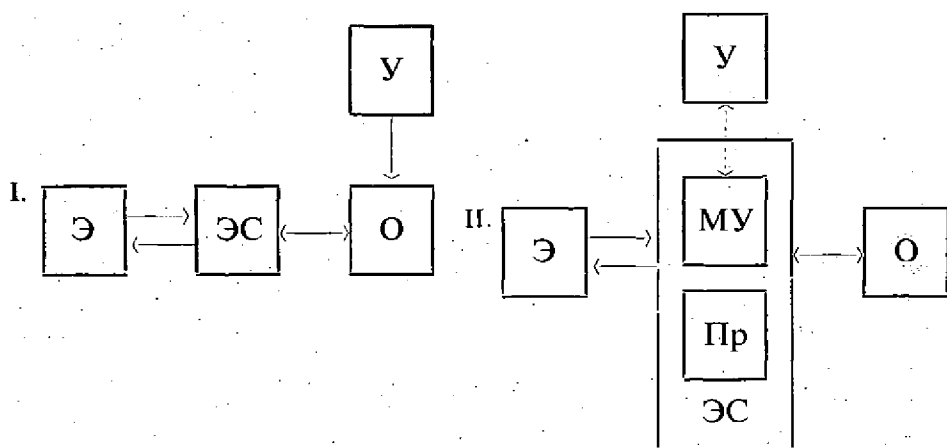


рис. 12.

здесь I. — натурный эксперимент; II. — модельный эксперимент; У — условия; МУ — модель условий.

Наряду с вышеупомянутыми видами можно различить и третий тип модельного эксперимента, когда модель одновременно замещает и объект исследования, и естественные условия (среды) объекта. Такой тип модельного эксперимента употребляется в первую очередь при исследовании более сложных явлений и процессов, чаще всего при кибернетическом подходе сложных динамических самоуправляющихся систем (например, живых организмов, физиологических процессов, общественных явлений). Как известно, одной из самых важных характерных черт кибернетики является функциональное изучение объектов исследования; то есть анализ функций объекта (сложных систем), или функциональных взаимодействий данной системы и ее условий (среды). Ввиду того, что предметом исследования нередко является определенный

способ поведения биологических или общественных организмов, в кибернетике широко распространялся метод модели, и между тем моделируется не только исследуемый объект, но и его среда, условия. (Такою моделью можно считать, например, гомеостат американского физиолога, У. Эшби). Данный вид модельного эксперимента можно выразить схематически следующим образом:

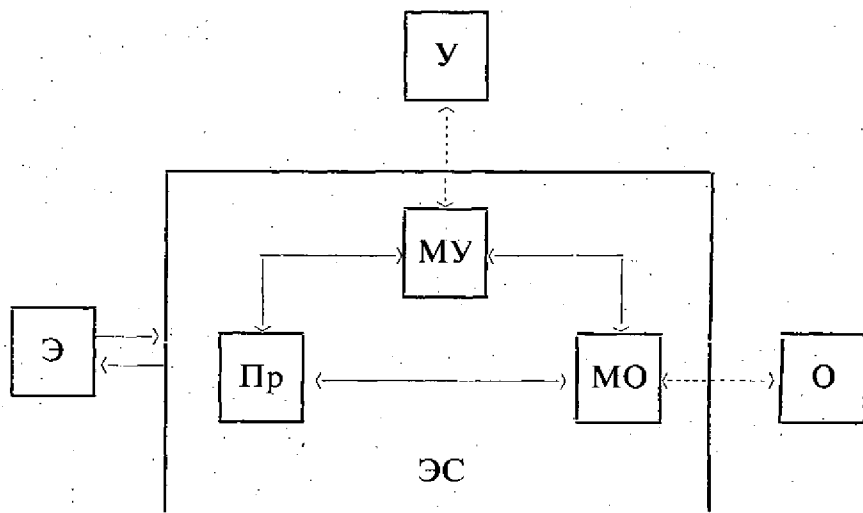


рис. 13.

Подводя итоги, можно установить, что научный эксперимент и (материальное) моделирование не только имеют аналогичные свойства и особенности, но в реальном процессе исследования многосторонне связываются друг с другом, пронизывают друг друга. Своеобразным выражением их взаимодействий, осуществляющихся в процессе исследования является модельный эксперимент. Он представляет собой переход между этими методами научного познания, так как одновременно является особой формой или особым методом и научного эксперимента, и научного моделирования; в силу этого он обладает достоинствами обоих методов. Между прочим, и это обстоятельство основывает его широкое распространение в научном познании наших дней.

3. Различия между экспериментом и моделированием

Сопоставление особенностей эксперимента и моделирования, и в частности анализ модельного эксперимента указывает и на то, что данные основные методы научного познания и отличаются друг от друга. Поэтому нельзя согласиться с авторами, отождествляющими эти методы, либо считая моделирование экспериментом, либо наоборот, эксперимент — (своеобразной) формой моделирования. Так, например, *П. Е. Сивоконь* утверждает, что „поскольку же, согласно определению, всякий естественнонаучный эксперимент может включать в себя специальное воспроизведение предметов и явлений природы, то тем самым он всегда в какой-то степени является также своеобразной и специ-

фической моделью исследуемого объекта.” (5; 269) Раньше мы уже подробно рассмотрели общие и аналогичные свойства этих методов, и видели, что они вместе с особенностью, выделенной *Сиваконом* (воспроизведение предметов и процессов природы) еще имеют некоторые другие общие свойства. Но, по нашему мнению, исследуя разные методы научного познания надо иметь в виду не только их общие признаки, закономерности, но и их различные черты, их своеобразие. Все это, конечно, относится и к анализу взаимоотношения эксперимента и моделирования; то есть сопоставляя эти методы научного познания надо выделять не только их общие и сходные свойства, но и отличающиеся друг от друга особенности, их различия.

Научный эксперимент и моделирование как специфические методы научного познания *отличаются друг от друга преимущественно на основе объекта, предмета исследования, и в результате этого различаются и по их структуре, гносеологическим функциям и употребляемым логическим приемам, методам, то есть по своей логической структуре* получения знаний.

При анализе понятия моделирования и модельного эксперимента собственно мы уже открыли наиболее существенное своеобразие моделирования и вместе с этим и основное различие между двумя исследуемыми нами методами познания: в отличие от эксперимента, в процессе которого каждая познавательная деятельность исследователя направлена непосредственно на сам объект познания, в ходе моделирования он оперирует не с самим объектом исследования, а с другим (естественным или искусственным) объектом, имеющим с этим же объектом определенное объективное отношение соответствия, то есть *объект познания замещается с его моделью* и непосредственным предметом испытания является модель.

Благодаря данной особенности моделирование отличается от эксперимента и *по его гносеологической функции*. Целью научного эксперимента является познание данного объекта экспериментального исследования (и вместе с этим познание объектов, обладающие одинаковой природой с этим же объектом) и знания, полученные в результате эксперимента относятся к самому этому же объекту (или к другим членам данного класса объектов). В отличие от этого, цель моделирования в конце концов не познание модели самой по себе, а получить информацию в процессе изучения модели о подлинном объекте познания, об оригинале; то есть *информацию, полученную в результате моделирования* — опираясь на объективное сходство модели оригиналу — *переносят на оригинал*, исследование модели является только средством познания подлинного объекта исследования.

То, что *структура моделирования* отличается от структуры эксперимента, тоже видели раньше. Во-первых, отличается структура моделирования как познавательного процесса от структуры экспериментального процесса; вследствие именно предыдущих структура процесса моделирования сложнее, чем структура эксперимента. Эксперимент имеет всего три этапа: первый этап включает в себе постановку задачи, мысленное планирование эксперимента, выбор конкретного объекта и конкретных средств исследования, создание экспериментальных условий; ко второму этапу относится практическое оперирование с объектом исследования, то есть собственное экспериментирование; третий этап содержит наблюдение, описание, измерение объекта (или же его свойств, взаимосвязей, процессов и изменений, происходящих под влиянием экспериментальных средств) и констатацию, фиксацию, оценку полученных

данных. В свою очередь — как показали в связи с модельным экспериментом — моделирование вместе с этими этапами содержит в себе, по крайней мере, ещё три существенных этапа, а именно: этапы 1. выбора или мысленного планирования модели; 2. создания модели; и 3. переноса полученной информации. Данные этапы, очевидно, связаны с тем, что в процессе моделирования изучается не сам объект исследования, а его заместитель, то есть его модель, но цель данного процесса — познавать объект познания.

Из этой особенности моделирования следует и то, что структура моделирования как система *отношений его элементов* значительно отличается от пободной структуры эксперимента. Эксперимент, как мы уже видели, имеет три элемента — объект, субъект и средства экспериментального исследования — и между ними находятся три основных отношения: sR_0^1 , oR_s^2 и sR_s^3 (их взаимосвязь и систему выражает рис. 9.). В литературах, посвященных гносеологическим вопросам моделей, широко распространено положение (см., например, 3., 7., 8., 10.), по которому и моделирование имеет три элемента, а именно: объект познания (оригинал), субъект познания и модель. Данное положение столь общепринято, что при изучении структуры моделирования имеют в виду только эти элементы и их отношения между ними, что даже при анализе материально-вещественных моделей не принимают во внимание место и роль экспериментальных средств в процессе моделирования.*

Конечно, в первом и общем подходе полезно начать анализ структуры моделирования изучением отношений данных элементов, то есть объекта познания, или оригинала (О), субъекта познания (S) и модели оригинала (М). Между ними, на первый взгляд, имеются три отношения, а именно: взаимосвязи объекта и субъекта, объекта и модели, и субъекта и модели, которые так можно схематически выразить:

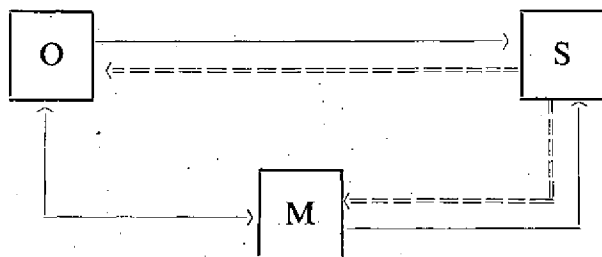


рис. 14.

Но, на самом деле, структура моделирования более сложна, в его процессе имеются следующие более существенные отношения:*

1. Между *объектом* и *субъектом* имеется три существенных отношения, а именно: а) отношение oR_s^4 , которое выражает их связь перед собственным моделированием (сюда относятся, например, постановка задачи, предыдущие

* В данном отношении исключениями являются только исследования В.А. Штоффа, написанные об отношении эксперимента и моделирования и о модельном эксперименте (см. 1., 2., 3.).

* Теперь мы не хотим подробнее анализировать структуру моделирования, а касаемся и данной проблемы постольку, поскольку этого потребует ее сопоставление структуре эксперимента. Структура моделирования подробно рассмотрится, например, в статьях К. Д. Востека (см. 10. и 11.).

знания об объекте, выбор или конструирование модели на основе изучения взаимодействий объекта и модели, само это изучение, и т. д.); б) отношение $s_2R_0^5$, которое обозначит перенос полученной при исследовании модели информации на оригинал; и в) отношение $oR_{s_2}^6$, которое выражает то, что субъект имея новую информацию, объясняет, толкует, описывает объект, его свойства, связи, и т. д.

2. Между *объектом* и *моделью* имеется специальное взаимодействие, которое назовем отношением mR_0^7 . Отношение mR_0^7 , на первый взгляд, может оказаться простым объективным соответствием (то есть аналогией, изоморфизмом, гомоморфизмом) между двумя объектами. На самом деле, данное отношение включает в себе больше, точнее, оно представляет собой особую форму взаимосвязи материальных предметов: хотя данное отношение действительно основывается на соответствии, аналогии, и т. д. материальных систем, но все-таки является не просто естественной, содержащей в себе только материальное действие и противодействие предметов, связью, а отношением *социальной* природой, так как отношение оригинала и модели опосредует субъект, и именно поэтому существует только в процессе моделирования. „Отношение оригинал — модель — пишет Б. А. Глинский — при этом является не природным, а социально обусловленным отношением объектов. Оно устанавливается людьми в процессе познания на основе объективно присущих оригиналу и модели свойств и отношений. Вне акта исследования существуют лишь предметы и процессы, а не модели и оригиналы.” (8; 19) В силу этого отношение mR_0^7 представляет собой теоретическое (и социальное) отношение, основывающееся на объективных взаимодействиях.

3. Отношение *субъекта* и *модели* представляет собой сложную систему связей, которая и сама имеет определенную — и поскольку речь идет о материальной модели, постольку аналогичную со структурой эксперимента — структуру (см. рис. 9.), так как с одной стороны данная система связей включает в себя и практические, преобразующие, и теоретические, познающие, и объективные, материальные, и с другой стороны сюда относятся и средства исследования, и вследствие этого происходят дальнейшие отношения, точнее подотношения. Во взаимосвязи субъекта и модели выделяются два основных отношения, а именно: $s_1R_M^8$ и $mR_{s_2}^9$, первое из которых прежде всего практически-преобразовательный процесс, а второе — теоретически-познавательный; оба отношения имеют два-два подотношения: $s_1R_{C_1}^{8,1}$ и $C_1R_M^{8,2}$, далее $mR_{C_2}^{9,1}$ и $C_2R_{s_2}^{9,2}$. (Природа и гносеологическая функция этих подотношений сходна с природой и функцией соответствующих подотношений эксперимента).

В силу того, что и моделирование представляет собой *циклический процесс*, и здесь имеется еще одно основное отношение, которое тоже можно назвать отношением s_2R_s , хотя в процессе моделирования в известном смысле являются частями данного отношения и отношения $s_2R_0^5$ и $oR_{s_2}^6$, так как субъект сперва переносит знания, полученные в ходе подотношения $C_2R_{s_2}^{9,2}$ на оригинал, то есть обладая полученной при исследовании модели информацией — изучает, анализирует данные свойства и взаимодействия объекта, и только после этого „возвращается” к началу моделирования. Соответственно этому цикл процесса моделирования можно выразить следующим образом:

$$O \rightarrow S_1 \rightarrow C_1 \rightarrow M \rightarrow C_2 \rightarrow S_2 \rightarrow O \rightarrow S_2 \rightarrow S_1.$$

На основе всего этого структуру моделирования можно изобразить следующим образом:

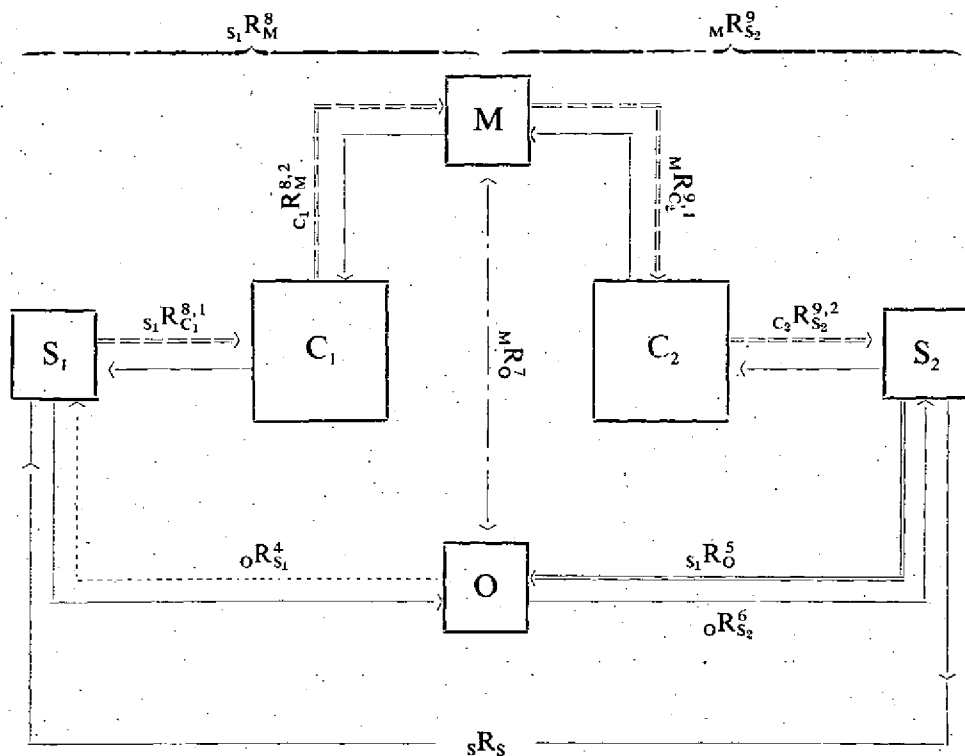


рис. 15.

В результате вышеизложенных метода моделей эксперимент и моделирование отличаются друг от друга и по употребляемым логическим методам, то есть по логической структуре получения знаний. Как мы уже видели, общей характерной чертой обоих методов является то, что знания, полученные при изучении единичного объекта переносят на другие объекты; но кроме данной общей особенности имеется и существенное различие в логической структуре получения, и в частности переноса знаний. Суть экспериментирования с этой точки зрения суммируется в том, что исследователь, изучая одно явление (элемент) класса (множества) явлений и открывая некоторые свойства, взаимосвязи, закономерности данного единичного явления (элемента), старается перенести полученное при эксперименте знание (новую информацию) на другие явления (элементы) этого же класса (множества), или на этот же класс (множество). В противоположность этому, в процессе моделирования проанализировав некоторые свойства, взаимосвязи, закономерности данного объекта исследования, испытатель торопится перенести полученную новую информацию на явления (элементы) другого класса (множества) или на другой класс (множество) явлений, имеющий с классом (множеством) данного объекта исследования какое-то известное исследователем объективное сходство. Явление, исследованное в процессе эксперимента нельзя считать моделью других явлений этого же класса — пишет В. А. Штофф — „... ибо отношение между

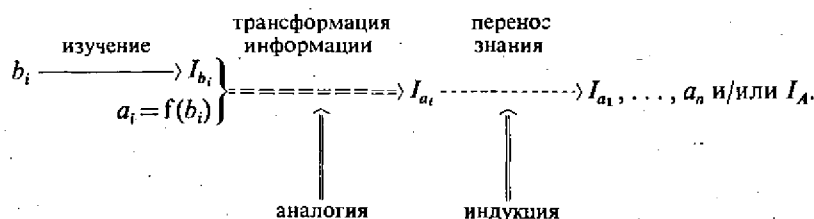
явлением, которое изучается в данном единичном эксперименте, и другими явлениями этой же области есть отношение тождества, а не аналогии, между тем как именно последняя существенна для модельного отношения.” (1;116)

Пусть будет A множество некоторых явлений, имеющее элементы a_1, \dots, a_n , а B — другое множество явлений, элементами которого являются b_1, \dots, b_n ; между множеством A и множеством B имеется некоторое сходство (соответствие), например изоморфизм, так что $a_i = f(b_i)$ и $b_i = \bar{f}(a_i)$, где a_i — любой элемент множества A ; b_i — любой элемент множества B ; f — выразит функцию, по которой любой элемент множества A соответствует одному и только одному элементу множества B ; \bar{f} — является инверсом функции f , по которой любой элемент множества B соответствует элементу множества A , из которого мы получаем его при помощи f .

В процессе *эксперимента* исследуется любой элемент множества A (например, элемент a_i); изучая элемент a_i получается некоторая новая информация об элементе a_i [I_{a_i}], и потом эта новая информация переносится — с помощью некоторых логических операций, в частности посредством индукции —, на другие элементы множества A и получается какая-то информация I_{a_1}, \dots, a_n , и/или на само это же множество A , получая информацию I_A . Логическую структуру получения знаний в ходе экспериментирования, таким образом, схематически можно выразить так:



В процессе *моделирования* исследователь изучает любой элемент множества B (например, элемент b_i), и получает некоторую новую информацию об элементе b_i [I_{b_i}]; и потом на основе известного соответствия (изоморфизма), то есть употребляя соответствия $a_i = f(b_i)$ и $b_i = \bar{f}(a_i)$, — при помощи некоторых логических операций, в первую очередь посредством аналогии —, он трансформирует полученную при моделировании (то есть при изучении элемента b_i , который выступает как модель элемента a_i) информацию на данный элемент множества A , то есть на a_i , получая информацию I_{a_i} , и потом переносит информацию I_{a_i} на другие элементы множества A и/или на множество A , и в результате этого он получает информацию I_{a_1}, \dots, a_n и/или I_A . Логическую структуру данного процесса можно схематически выразить так:



Таким образом, во-первых, логическая структура процессов эксперимента и моделирования отнюдь не одинакова, так как метод моделирования является более сложным процессом, чем эксперимент; во-вторых, имеется различие и в связи с применяемыми логическими методами, так как для процесса эксперимента характерны прежде всего разные индуктивные методы (то есть полученное знание при эксперименте — информация I_{a_1}, \dots, a_n и/или I_A —, основано на индуктивных выводах), а для процесса моделирования характерно применение аналогических методов (то есть полученная при моделировании информация — I_{a_1}, \dots, a_n и/или I_A — основана прежде всего на выводах по аналогии).

*

*

*

Следовательно, в данном отношении эксперимент и моделирование отличаются друг от друга тем, что пока в процессе экспериментирования объект как бы сам „дает” знание субъекту, непосредственно открывается перед субъектом, до тех пор в процессе моделирования субъект „дает”, опосредует знание объекту; субъект открывает — с помощью промежуточного звена, модели — скрытые свойства и стороны объекта, то есть здесь получение знаний об объекте имеет *опосредованный* характер.

Подводя итоги, мы можем установить, что научное моделирование и научный эксперимент как особые методы и формы научного познания с одной стороны многосторонне зависят друг от друга, связываются друг с другом в процессе исследования, имеют общие, или по крайней мере сходные, свойства, но с другой стороны они и отличаются друг от друга, имеют свойственные, характерные только для данного метода признаки, своеобразие.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Штофф: Модель и эксперимент. In „Некоторые вопросы методологии научного исследования”. Л. Изд-во ЛГУ, 1965.
2. В. А. Штофф: Об особенностях модельного эксперимента. „Вопросы Философии”, 1963, № 9.
3. В. А. Штофф: Моделирование и философия. М.—Л. Изд-во „Наука”, 1966.
4. Г. Б. Жданов: Эксперимент и теория в современном естествознании. (Физические науки.) In „Материалистическая диалектика и методы естественных наук.” М. Изд-во „Наука”, 1968.
5. П. Е. Сивоконь: Методологические проблемы естественнонаучного эксперимента. М. Изд-во Московского Университета, 1968.
6. Р. В. Рывкина: О некоторых видах эксперимента. In „Некоторые закономерности научного познания.” Новосибирск, 1964.
7. И. Б. Новик: О моделировании сложных систем. М. Изд-во „Мысль”, 1965.
8. Б. А. Глинский, Б. С. Грязнов, Б. С. Дынин, Е. П. Никитин: Моделирование как метод научного познания. М. Изд-во Московского Университета, 1965.
9. К. Маркс: Капитал (критика политической экономии). т. I. М. Изд-во Политической Литературы, 1950.
10. К. D. Wütsneck: Zur philosophischen Verallgemeinerung und Bestimmung des Modellbegriffs. Deutsche Zeitschrift für Philosophie. 1963. 12.
11. К. D. Wütsneck: Einige Gesetzmässigkeiten und Kategorien der wissenschaftlichen Modellmethode. Deutsche Zeitschrift für Philosophie. 1966. 12.

RELATION BETWEEN THE EXPERIMENT AND THE MODELLING IN THE
SCIENTIFIC COGNITION

The author compares the characteristics of scientific modelling to those of the experimenting, analysing the particularities and the structure of the scientific experiment, on the one hand as a fundamental form of the social practice, and on the other hand as a specific method of the scientific cognition. He concludes that both these methods are in manysided correlation in the real process of the research, they join with each other and have common or at least analogous features. The scientific experimenting and modelling at the same time also differ — in the author's opinion — from one another in respect of the object of the examination, of their particular structures, of their gnoseological functions and of the logical structure of the acquisition of knowledge.